Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Profesional de Computación Científica

Aplicación del modelo de Markowitz en el mercado de acciones peruano

TESINA

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Computación Científica

AUTOR

Ibeth Liliana FRETEL CELIS

ASESOR

Mg. Luis Javier VÁSQUEZ SERPA

Lima, Perú

2018

Referencia bibliográfica

Fretel, I. (2018). *Aplicación del modelo de Markowitz en el mercado de acciones peruano*. Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Computación Científica. Escuela Profesional de Computación Científica, Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR: NO TIENE

CODIGO ORCID DEL ASESOR:

VASQUEZ SERPA, LUIS JAVIER 0000-0002-5414-6764

ZEGARRA GARAY, MARI NATIVIDAD 0000-0002-3418-9185

DNI DEL AUTOR: 47264139

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: NO PERTENECE

INSTITUCIÓN QUE FINANCIA PARCIAL O TOTALMENTE LA INVESTIGACIÓN: AUTOFINANCIADA

UBLICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

- AV. HONDURAS 336 EL PARRAL

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÓN ABARCÓ:

INICIO: FEBRERO 2018

TERMINO: SETIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SANMARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS

PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PARA LA TITULACIÓN PROFESIONAL 2017-II
MODALIDAD EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

(R.D. Nº 0681/FCM-D/2017)

ESCUELA PROFESIONAL DE COMPUTACIÓN CIENTÍFICA

ACTA DE EXPOSICIÓN DE TESINA

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 15 horas, del día 01 de marzo del 2018, se reunieron las docentes designadas como miembros del Jurado Evaluador:

- Dra. María Natividad Zegarra Garay — Presidenta
- Mg. Luis Javier Vásquez Serpa — Miembro

Para la exposición de Tesina titulada: *«Aplicación del Modelo de Markowitz en el Mercado de Acciones Peruano»*, presentada por la Bachiller **Ibeth Liliana Fretel Celis**.

Luego de la exposición de la tesina, los Miembros del Jurado hicieron las preguntas correspondientes, a las cuales la Bachiller **Ibeth Liliana Fretel Celis**, respondió con acierto y solvencia, demostrando pleno conocimiento del tema.

Hecha la evaluación correspondiente, según tabla adjunta, la Bachiller **Ibeth Liliana Fretel Celis** mereció la aprobación obteniendo como calificativo promedio y la nota de diecinueve (19) (letras y números).

A continuación los miembros del Jurado, dan manifiesto que la Bachiller **Ibeth Liliana Fretel Celis** APROBÓ la exposición de la tesina.

Siendo las 3:45 horas, se levantó la sesión, firmando para constancia la presente acta en dos (2) copias originales.

Mg. Luis Javier Vásquez Serpa
MIEMBRO

Dra. María Natividad Zegarra Garay
PRESIDENTA

Aplicación del Modelo de Markowitz en el Mercado de Acciones Peruano

Ibeth Liliana Fretel Celis

Tesina presentada a consideración del Cuerpo Docente de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Ciencias Matemáticas, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como parte de los requisitos para obtener el Grado de Licenciada en Computación Científica.

Aprobada por:

Dra. María Natividad Zegarra Garay
Presidenta

Mg. Luis Javier Vásquez Serpa
Miembro Asesor

LIMA - PERÚ

Marzo - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

FRETEL CELIS, IBETH LILIANA

Aplicación del Modelo de Markowitz en el Mercado de Acciones Peruano, (lima) 2018. XI, 50 p., 29.7 cm, (UNMSM, Licenciatura, Computación Científica, 2018).
Tesina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas.
1. Unidad de Postgrado I.UNMSM-FCM

"Toda decisión implica un riesgo, lo importante es tener la sabiduría para tratar de tomar la mejor decisión y tener el valor suficiente para asumir o correr ese riesgo"

HARRY MARKOWITZ

Dedicatoria

Ante todo a Jehová Dios por estar siempre presente en todas mis decisiones y guiarme por el buen camino, dándome fuerzas y retos constantes que me han ayudado a ser una mujer fuerte y luchadora para no rendirme ante cualquier problema que se pueda presentar y poder solucionarlo en el instante.

A mi padres, porque me apoyaron en todo momento cuando lo necesité, porque creyeron en mi. Por su paciencia, consejos, comprensión y amor incondicional; brindándome un ejemplo de superación y entrega, porque gracias a ustedes hoy en día he alcanzado una meta en mi vida personal y profesional; ya que, siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mi, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi madre Lilia Celis, que siempre me ha apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida siendo el soporte necesario para mi desarrollo profesional, dándome el ejemplo de superación, humildad, sacrificio y enseñándome a valorar lo que tengo. A mi padre Carlos Fretel, porque gracias a su apoyo constante y consejos directos, me ayudaron a llegar donde estoy, siendo una mujer próspera y con mucho éxito en todo lo que me proponga. Quiero ser su orgullo siempre.

A mi hermana Brenda, que de una u otra manera ha estado presente dándome fuerzas para seguir adelante, pese a la corta edad que tiene y casi una década de diferencia que nos tenemos, ha sido muy fundamental en mi vida y es por ti que quiero continuar esta lucha constante y seguir obteniendo logros y éxitos, siendo tu mejor ejemplo en la vida. Te amo hermana mía, eres mi motor y motivo para seguir en la carrera.

A mis abuelitos Nila y Graciano por parte de mamá, Lido y Ángel por parte de papá; que siempre han estado cuidándome y alentándome en todos mis proyectos, por ser mis abuelos consentidores y buenos consejeros en base a su experiencia.

Agradecimientos

Agradezco al profesor Javier Vásquez Serpa, por ser guía y pieza fundamental en el desarrollo de mi tesina; considerando que es una figura de referencia para nosotros, los jóvenes.

Gracias por su tiempo invertido y dedicación a lo largo de esta investigación, por la confianza, amistad, consejos que depositó en mi persona y por el compromiso que tuvo hasta el último día de la presentación de mi sustentación y mi trabajo de investigación.

Al profesor Rómulo Lomparte, que fue pieza fundamental para establecer y solidificar mi tema de investigación y ser guía constante hasta el momento de mi sustentación.

Agradezco a todas las personas que estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y su granito de arena, gracias por el aporte realizado para obtener mi título profesional.

Con todo el cariño que tengo, agradezco a mis profesores y compañeros del ámbito laboral y seglar que estuvieron presentes en cada momento que necesité de su apoyo.

Resumen

APLICACIÓN DEL MODELO DE MARKOWITZ EN EL MERCADO DE ACCIONES PERUANO

Ibeth Liliana Fretel Celis

Febrero - 2018

Asesor : Mg. Luis Javier Vásquez Serpa
Título Obtenido : Licenciado en Computación Científica

La presente investigación tiene como objetivo la importancia de la diversificación del portafolio, la cual los riesgos pueden minimizarse si el importe total que se quiere invertir se divide entre un conjunto de acciones. En el lenguaje coloquial se dice que: *"No se debe poner todos los huevos en una sola canasta"*. La idea es que el inversionista que compra acciones de una sola empresa; en caso esta empresa quiebre o se devalúe; el inversionista lo perderá todo, su riesgo habrá aumentado y su rentabilidad habrá disminuido. En el caso de que el inversionista compre acciones de diferentes empresas, su rentabilidad dependerá de la rentabilidad de las demás acciones y el riesgo sería mínimo. Esto indica que los resultados son más favorables al invertir en un conjunto de acciones que invirtiendo en uno solo. Por ello, para su mejor representación utilizaremos el Modelo de Markowitz donde se optimizará el portafolio; a fin, de analizar el porcentaje que se le asignará a cada acción perteneciente al portafolio. Por otro lado, se tiene el Modelo de Valoración de Activos Financieros *(CAPM)*, este modelo resuelve problemas financieros; el cual propone informar al máximo al inversor sobre el riesgo y la rentabilidad proponiendo determinar el precio de equilibrio de los activos. Se basa en la medida del riesgo sistemático de la rentabilidad esperada y del tipo de interés.

Palabras Claves:

- Diversificación
- Portafolio
- Activo
- Markowitz
- Riesgo
- Rentabilidad
- Optimización
- CAPM

Abstract

APPLICATION OF THE MARKOWITZ MODEL IN THE PERUVIAN STOCK MARKET

Ibeth Liliana Fretel Celis

Febrero - 2018

Advisor : Mg. Luis Javier Vásquez Serpa
Obtained Title : Degree in Scientific Computing

The objective of this research is the importance of portfolio diversification, which risks can be minimized if the total amount that is to be invested is divided among a set of actions. In the colloquial language it is said that: *"You should not put all the eggs in one basket"*. The idea is that the investor who buys shares of a single company; in case this company breaks down or is devalued; the investor will lose everything, his risk will have increased and his profitability will have decreased. In the event that the investor purchases shares of different companies, their profitability will depend on the profitability of the other shares and the risk would be minimal. Therefore, for its best representation we will use the Markowitz Model where the portfolio will be optimized; in order, to analyze the percentage that will be assigned to each share belonging to the portfolio. On the other hand, we have the Financial Assets Valuation Model textit (CAPM), this model solves financial problems; which proposes to inform the investor as much as possible about risk and profitability, proposing to determine the equilibrium price of the assets. It is based on the measurement of the systematic risk of the expected return and the interest rate.

Keywords:

- Diversification
- Portfolio
- Active
- Markowitz
- Risk
- Profitability
- Optimization
- CAPM

Índice general

Índice de figuras

Índice de cuadros

Capítulo 1

Introducción

Actualmente el dinero desempeña un papel fundamental en la sociedad, ya que es un medio de subsistencia; por ello, al tomar una decisión en que se debe invertir conlleva a una serie de cuestionamientos.
Por naturaleza, existe una muestra de personas en nuestra sociedad que al invertir en una sola acción de cualquier empresa están propensos a ganar o perderlo todo; por ello, el modelo de *Markowitz* plantea que al formar dos o más acciones de diferentes empresas, este se convertiría en un portafolio de inversión, teniendo como resultado la disminución del riesgo y el aumento del rendimiento, lo cual no podría obtenerse si la inversión solo se diera en un instrumento independiente, ver [1].

La selección del portafolio se ha vuelto un tema interesante y necesario en el mundo de los inversionistas; ya que, existe una gran cantidad de oportunidades de inversión disponible y se cuestiona cómo los inversionistas deberían integrar sus portafolios.

Este modelo propuesto fue desarrollado por Harry Markowitz, ver [2], autor de un artículo sobre la "Selección del Portafolio"publicada en 1952.
Markowitz propone que el inversionista debe abordar el portafolio como un conjunto, analizando los riesgos y retornos globales de sus acciones, en lugar de escoger acciones individuales donde juega a la suerte de perder todo o ganar un porcentaje.

En el modelo, Markowitz, indica que el inversionista tiene una conducta racional al analizar y seleccionar su portafolio de inversión, a fin de obtener una máxima rentabilidad sin tener que asumir un nivel de riesgo alto o un mínimo riesgo para un retorno dado.

Por ello, para tener una inversión equilibrada, lo más importante es la diversificación, ya que de esa manera se puede reducir la variación de los precios.
Un caso muy peculiar es cuando el inversionista, se encuentra enfrentado constantemente al proceso de tomas de decisiones, ya sea basándose en herramientas de pronóstico matemático, intuición, y/o análisis macroeconómicos. Pero sin importar el método que escoja el inversionista, siempre va a tener como objetivo satisfacer estas dos condiciones:

- Maximizar su rentabilidad, aceptando el nivel de riesgo dado.
- Minimizar el riesgo, con la máxima rentabilidad posible, ver [3].

De esta manera, se puede decir que al distribuir la inversión en diferentes activos, se logrará satisfacer las necesidades del inversionista, a fin de obtener un portafolio eficiente.

Por otro lado, a pesar de que en estos últimos años se ha generado una serie de crisis nacional, los inversionistas han sido más sofisticados al momento de realizar la selección de la composición del portafolio.

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente, esta presente investigación va a desarrollar un modelo de optimización para la adecuada selección de portafolios eficientes con los datos históricos de algunas acciones seleccionadas de la Bolsa de Valores de Lima, explicando el comportamiento de una acción en función del comportamiento del mercado, para este análisis se utilizará el Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM); siendo la continuación del tema de investigación “Elección de portafolio óptimos de activos con y sin riesgo”, ver [4] , considerando su mayor aporte a la relación del riesgo con el retorno del activo financiero.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo General

1. Aplicar el modelo de Markowitz a un conjunto de acciones que se encuentran dentro de la Bolsa de Valores de Lima.
2. Estudiar la relación que existe entre el riesgo y el rendimiento mediante la elaboración de portafolios de inversión.
3. Identificar el costo de capital para el inversionista en una de las compañías seleccionadas en relación al mercado.

2.2. Objetivo Específico

1. Determinar la composición de diversos conjuntos de "N" acciones que componen un portafolio de inversión que se negocian en la Bolsa de Valores de Lima (BVL), cuyo riesgo sea el mínimo y el rendimiento el máximo posible.

2. Codificar en Matlab un modelo que permita hallar el portafolio óptimo para el inversor.

3. Ingresar en la simulación los posibles pesos que le corresponden a cada activo y determinar cual es de gran conveniencia para el inversionista.

4. Describir la acción seleccionada para hallar el modelo CAPM.

5. Definir los coeficientes *Beta*, *Alpha*, rentabilidad del mercado, renta fija y riesgo país.

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. Mercado Peruano

3.1.1. Bolsa de Valores de Lima (BVL)

La Bolsa de Valores de Lima (BVL) es la institución que pone a disposición de los inversionistas a través de una casa de bolsa, los instrumentos financieros.

Es deber de la Bolsa de Valores de Lima, publicar la información respecto a los instrumentos financieros, así como promover operaciones transparentes y estandarizadas. La Bolsa de Valores de Lima realiza sus operaciones a través del sistema ELEX (Sistema Electrónico de Negociación.[1]

3.1.2. S&P - BVL Peru Select

Es el nuevo *indicador del mercado* de acciones orientado a convertirse en el índice "premium" de la BVL.
Este índice del mercado está diseñado para medir el rendimiento de las acciones más grandes y liquidas e importantes del país listadas en la Bolsa de Valores de Lima; también incorpora reglas de diversificación y de amortiguación para minimizar la rotación.

Para ser incluidas, las acciones deberán tener una frecuencia de haber negociado en el 80 % del periodo previo a la evaluación y una capitalización de free float no menor a US$ 45 millones. También deberán tener un promedio diario de negociación igual o mayor a US$ 100,000. En la fecha del rebalanceo, ninguna acción deberá tener una ponderación superior al 15 % y ningún sector representará más del 40 % del índice.[2]

[1] *http : //www.bvl.com.pe/mecanismos_negociacion.html*
[2] *http : //www.bvl.com.pe/estadist/mercindicesmercado.html*

Constituyentes S&P - BVL Peru Select Index

Las siguientes acciones se encuentran integradas en el nuevo índice del mercado S&P - BVL Peru Select Index[3].

Empresa Emisora	Nemónico	Sector
Alicorp S.A.A.	ALICORC1	Consumo
Cementos Pacasmayo S.A.A.	CPACASC1	Materiales
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	BVN	Materiales
Credicorp Ltd	BAP	Financiero
Ferreycorp S.A.A.	FERREYC1	Industrial
Graña y Montero S.A.A.	GRAM	Industrial
InRetail Perú Corp.	INRETC1	Consumo
Intercorp Financial Services Inc	IFS	Financiero
Compañía Minera Milpo S.A.A.	MILPOC1	Materiales
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	CVERDEC1	Materiales
Southern Copper Corporation	SCCO	Materiales
Trevali Mining Corporation	TV	Materiales
Unión Andina de Cementos S.A.A.	UNACEMC1	Materiales
Volcan Compañía Minera S.A.A.	VOLCABC1	Materiales

Cuadro 3.1: Componentes

Desglose por Sector

De acuerdo a la tabla 3.1, las ponderaciones para cada sector [4] se representan en el siguiente gráfico de la torta:

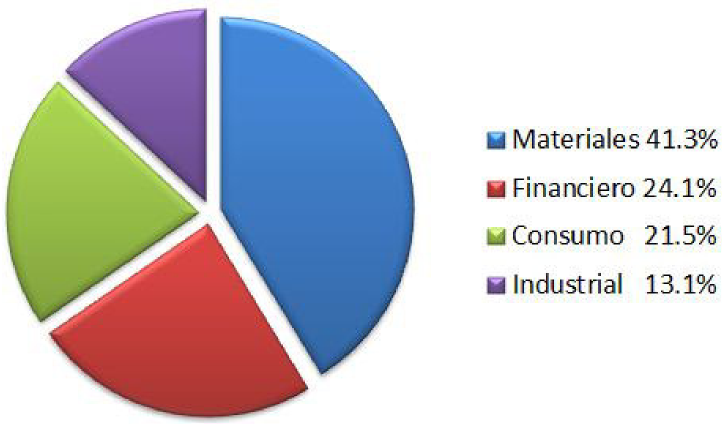

Figura 3.1: Distribución por Sector

[3] $http://www.bvl.com.pe/estadist/mercindicesmercado.html$
[4] $https://espanol.spindices.com/indices/equity/sp-bvl-peru-select-index$

3.2. Indicador EMBI plus Perú

El EMBI plus Perú se mide en función de la diferencia del rendimiento promedio de los títulos soberanos peruanos frente al rendimiento del bono del Tesoro estadounidense. Así se estima el riesgo político y la posibilidad de que un país pueda incumplir con sus obligaciones de pago a los acreedores internacionales.[5]

Para obtener el indicador de riesgo país, el dato disponible se encuentra en la página *http://www.ambito.com*

Figura 3.2: Índice riesgo país

3.3. Portafolio o Cartera

Es el conjunto de valores mobiliarios, integrado por acciones o bonos siendo estos propiedad de una persona o de una empresa, quienes distribuyen su inversión en diferentes instrumentos financieros en cuanto rendimiento o riesgo.

3.4. Instrumento de Inversión

Un instrumento de inversión es una herramienta que se utiliza para hacer efectiva la capitalización de un proyecto determinado.
No existe el instrumento de inversión ideal. Ya que la elección que se tenga dependerá del perfil de inversión que se tenga.
Se tomarán en cuenta tres elementos básicos de una inversión: **Rentabilidad**, **Tiempo** y **Riesgo**. Los cuales serán el foco inicial para elaborar un portafolio de inversión que cumpla las necesidades de quién invierta en la Bolsa de Valores[6].

[5] $https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-peru-tres-puntos-basicos-1-07-puntos-porcentuales-227842$

[6] $https://finanzasyproyectos.net/instrumentos-de-inversion/$

3.5. Activo Financiero

Un activo financiero es un instrumento financiero; sea, título o contrato, que otorga a la persona que lo copra a recibir ingresos futuros por parte de quien los vende, asumiento bajo responsabilidad el riesgo, ver [5].

3.6. Diversificación

Se define como la reducción del riesgo invertido en una variedad de activos. Propiamente dicho, la diversificación es cambiar lo que era único, uniforme o que carecía de variante y convertirlo en heterogéneo o variado.
Es fundamental para un inversionista; ya que, de ello dependerá el nivel de rentabilidad que obtenga de su portafolio.

3.7. Rentabilidad

Es la variación que tiene el valor de un activo durante un cierto periodo de tiempo y tiene una relación entre la ganancia obtenida y los recursos utilizados para dicha ganancia[7].

Se analizaron dos tipos de Rentabilidad: la *Discreta* y la *Continua*, ver [6].

3.7.1. *Rentabilidad Discreta*

Si se invierte una cantidad Q_0 durante un año al tiempo discreto i, se obtiene al final del año una cantidad Q_1, tal que:

$$Q_1 = Q_0 \cdot (1 + i)$$

Donde se calcula la rentabilidad discreta de la siguiente manera:

$$Q_1 = Q_0 + i \cdot Q_0$$

Despejando i se tiene:

$$i = \frac{Q_1 - Q_0}{Q_0}$$

$$i = \frac{Q_1}{Q_0} - 1 \tag{3.1}$$

3.7.2. *Rentabilidad Continua*

Si se invierte al tiempo continuo r, se obtiene al final del año una cantidad Q_1, tal que:

$$Q_1 = Q_0 \cdot e^r$$

Donde se calcula la rentabilidad continua de la siguiente manera:
Despejando r,

$$r = ln(\frac{Q_1}{Q_0})$$

$$r = ln(Q_1) - ln(Q_0) \tag{3.2}$$

[7] $http://yirepa.es/rendimiento-y-rentabilidad.html$

La rentabilidad obtenida por una determinada acción durante el periodo que va desde $t-1$ hasta t se expresa de la siguiente manera:

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} \approx 1$$

3.8. Riesgo

El riesgo financiero es la probabilidad de que ocurra algún evento cuyo beneficio obtenido, sea menor al esperado.

El riesgo total del portafolio está integrado por dos elementos:

Riesgo total = Riesgo sistemático + Riesgo no sistemático

El cual indica que el *riesgo sistemático* es no diversificable o inevitable y el *riesgo no sistemático* es diversificable o evitable.

3.8.1. *Riesgo Sistemático*

Este tipo de riesgo es también llamado riesgo no diversificable, atiende a factores de riesgo que afectan al mercado; sea, en la economía de la nación, la reforma fiscal, variaciones en la situación del mundo de los energéticos. Estos influyen mucho en los activos, por tanto son imposibles de diversificar, ver [7].

3.8.2. *Riesgo No Sistemático*

Este tipo de riesgo es también llamado riesgo diversificable o riesgo único; es el riesgo propio del activo, este riesgo puede reducirse mediante la diversificación o incluso puede llegar a eliminarse, ver [8].

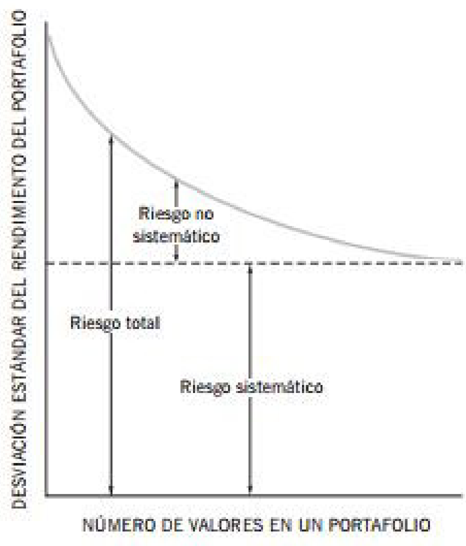

Figura 3.3: Relación del riesgo total del portafolio

3.9. Frontera Eficiente

La frontera eficiente es el conjunto de portafolios eficientes en las que el inversor deberá elegir una de ellas como su portafolio óptimo, en función de sus objetivos de rentabilidad y restricciones de riesgo. La línea curva del gráfico representa la **frontera eficiente**. Los portafolios utilizados para la elaboración de la frontera eficiente están integradas por distintos activos.

Figura 3.4: Frontera Eficiente

3.10. Modelos Financieros

3.10.1. Modelo de Markowitz

Markowitz desarrolla su modelo sobre la base del comportamiento del inversor; es decir, el inversionista desea la rentabilidad y rechaza el riesgo. Por lo tanto, para el inversionista un portafolio será eficiente si proporciona la máxima rentabilidad para un riesgo dado, o su equivalencia, si presenta el mínimo riesgo posible para un nivel determinado de rentabilidad.

3.10.2. Método de Monte Carlo

Este método mide el Valor de Riesgo (VaR) reconstruyendo las distribuciones de precios históricos de las acciones. Este método se caracteriza por simular cambios aleatorios en las variables financieras; para esta investigación se realizará para los pesos establecidos a cada acción.

3.10.3. Línea de Mercado de Capitales (CML)

Denominada por su nombre en inglés *Capital Market Line (CML)*, es la recta que intercepta a la frontera eficiente en un punto M, el cual se definió como portafolio de mercado, ver [9].

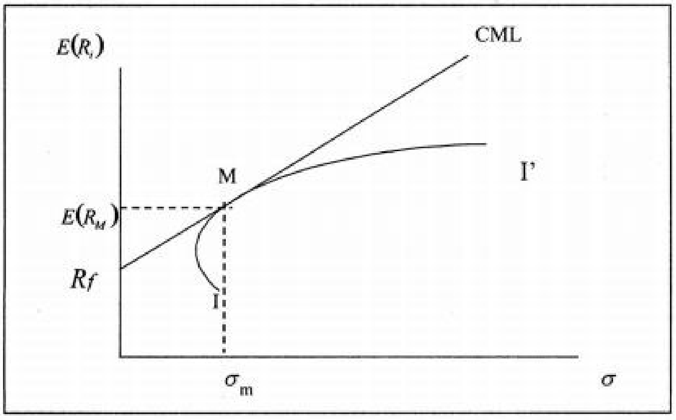

Figura 3.5: Línea de Mercado de Capitales

Fuente: Fernández, M.(2006). Sharpe-Lintner y el CAPM. El modelo CAPM: Predictividad del coeficiente beta en países con economías emergentes caso Argentina. (pág. 12). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudio de Posgrado.

Sea m la pendiente del CML, dado que CML es una recta, se toma un punto cualquiera y la pendiente, se obtiene la siguiente ecuación:

$$m = \frac{\triangle\ E(R_m)}{\triangle\ \sigma_m} = \frac{\triangle\ E(R_m) - R_f}{\triangle\ \sigma_m - 0}$$

$$m = \frac{\triangle\ E(R_m) - R_f}{\triangle\ \sigma_m} \tag{3.3}$$

Considerando las curvas *I, I'*, estas representan todas las posibles comnbinaciones entre las acciones individuales y el portafolio del mercado.
Supongamos que se construye un portafolio, denotado por $\alpha\,\%$ invertido en un activo i y $(1-\alpha)\,\%$ invertido en un portafolio de mercado, su media y varianza será la siguiente:

Portafolio integrado por un activo i y el portafolio del mercado m

$$E(R_p) = \alpha \cdot E(R_i) + (1-\alpha) \cdot E(R_m)$$
$$\sigma_{R_p} = (\alpha^2\sigma_i^2 + (1-\alpha)^2\sigma_m^2 + 2\alpha(1-\alpha)\sigma_{im})^{\frac{1}{2}}$$

Como se puede observar, en el portafolio del mercado m, ya se encuentra integrado el activo i. A continuación, calcularemos como varía la media y la varianza en base a los cambios de la proporción de inversión del portafolio entre la acción y el mercado, mediante las derivadas parciales:

Cambios en la media y desviación estándar del portafolio en base a los cambios de la proporción α invertida en i

$$\frac{\partial E(R_p)}{\partial \alpha} = E(R_i) - E(R_m) \tag{3.4}$$

$$\frac{\partial \sigma_{R_p}}{\partial \alpha} = \frac{1}{2} \cdot (\alpha^2\sigma_i^2 + (1-\alpha)^2\sigma_m^2 + 2\alpha(1-\alpha)\sigma_{im})^{\frac{-1}{2}} \cdot (2\alpha\sigma_1^2 - 2\sigma_m^2 + 2\alpha\sigma_m^2 + 2\sigma_{im} - 4\alpha\sigma_{im}) \tag{3.5}$$

William Sharpe concluyó en una de sus investigaciones que en el portafolio del mercado m se encuentra integrada una parte del activo i, entonces α representa un exceso de demanda sobre el activo i, pero esto no puede ocurrir en un mercado perfecto, ya que su precio se modificaría inmediatamente hasta llegar a β, donde β representa el equilibrio, por ende se denota lo siguiente:

$$\beta = 0$$

Sharpe sabía que si se encontraba en equilibrio, ningún inversionista se atrevería a demandar al activo i, ya que este se encuentra incluido en el portafolio del mercado. La única opción por la cual el inversionista tome la decisión de comprar un activo i, es si el precio está devaluado por exceso de demanda, pero esto no podría ser posible porque en condiciones de equilibrio ningún activo estará subvaluado. Luego, al evaluar las ecuaciones 3.4 y 3.5 cuando $\alpha = 0$, se tiene lo siguiente:

$$\left[\frac{\partial E(R_p)}{\partial \alpha}\right]_{\alpha=0} = E(R_i) - E(R_m) \tag{3.6}$$

$$\left[\frac{\partial \sigma_{R_p}}{\partial \alpha}\right]_{\alpha=0} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sigma_m^2\right)^{\frac{-1}{2}} \left(-2\sigma_m^2 + 2\sigma_{im}\right) = \frac{\sigma_{im} - \sigma_m^2}{\sigma_m} \tag{3.7}$$

La segunda conclusión que tuvo William Sharpe fue que la pendiente de la curva *I'MI* evaluada en el punto m ($\alpha = 0$) sería igual a la pendiente de la recta del CML en ese mismo punto, por lo tanto se tiene la siguiente ecuación:

$$\frac{E(R_i) - E(R_m)}{\frac{\sigma_{im} - \sigma_m^2}{\sigma_m}} = \frac{E(R_m) - R_f}{\sigma_m}$$

Desarrollamos la ecuación:

$$E(R_i) - E(R_m) = \left(\frac{E(R_m) - R_f}{\sigma_m} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{im} - \sigma_m^2}{\sigma_m} \right)$$

$$E(R_i) - E(R_m) = (E(R_m) - R_f) \cdot \left(\frac{\sigma_{im} - \sigma_m^2}{\sigma_m^2} \right)$$

$$E(R_i) - E(R_m) = (E(R_m) - R_f) \cdot \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} - 1 \right)$$

$$E(R_i) - E(R_m) = E(R_m) \cdot \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \right) - E(R_m) - R_f \cdot \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} - 1 \right) + R_f$$

$$E(R_i) = E(R_m) \cdot \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \right) - R_f \cdot \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} - 1 \right) + R_f$$

$$E(R_i) = R_f + (E(R_m) - R_f) \cdot \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \right)$$

Donde:

$$\beta = \left(\frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \right)$$

Reemplazando la Línea de Mercados Capitales, obtenemos la ecuación de la Línea de Mercado de Valores o denominado es inglés *Security Market Line (SML)*, la cual se deriva en el planteo del **Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM)**.

$$E(R_i) = R_f + (E(R_m) - R_f) \cdot \beta_i$$

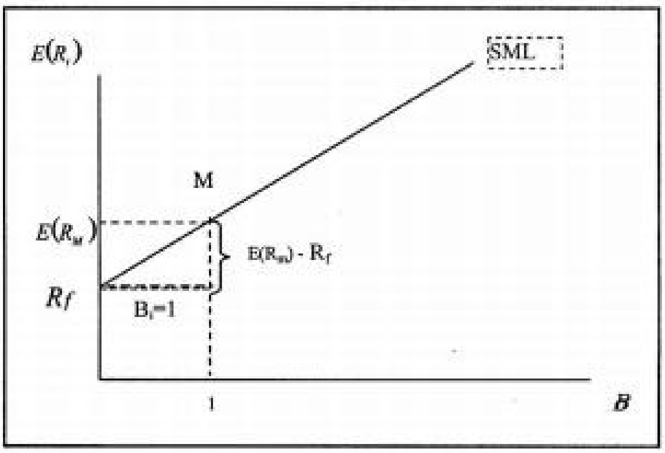

Figura 3.6: Línea de Mercado de Valores

Fuente: Fernández, M.(2006). Sharpe-Lintner y el CAPM. El modelo CAPM: Predictividad del coeficiente beta en países con economías emergentes caso Argentina. (pág. 14). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudio de Posgrado.

3.10.4. Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM)

El Modelo de Valoración de Activos financieros o por su denominación en inglés *Çapital Asset Pricing Model”* (CAPM), es un modelo matemático que permite estimar la rentabilidad de cualquier activo financiero. Fue propuesto por William F. Sharpe en 1964 y se concluye que los rendimientos de los activos tiene relación lineal con los del mercado. El CAPM es uno de los modelos de valoración de riesgo de los activos financieros más eficaces. Cuyo objetivo principal es informar al máximo al inversor sobre la rentabilidad del activo financiero en la que se quiere invertir, preparándose para correr un mayor riesgo posible. Se denota de la siguiente manera:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i \cdot [E(R_m) - R_f] \tag{3.8}$$

Donde:

- $E(R_i)$: es el retorno esperado del activo i.
- R_f: es la tasa libre de riesgo (renta fija).
- $E(R_m)$: es el retorno esperado del portafolio de mercado (compuesta por todos los activos).
- β_i: es el *Beta* del activo i, es una medida del riesgo sistemático.

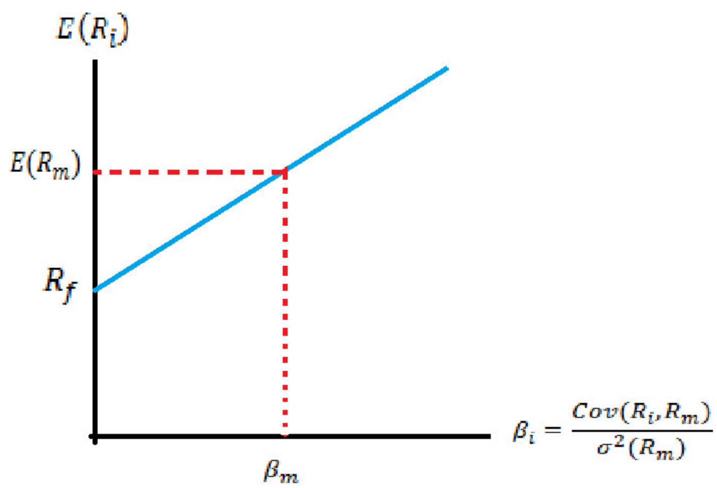

Figura 3.7: Representación gráfica del modelo CAPM

Beta

El coeficiente *beta* corresponde a la porción del riesgo del activo que se encuentra correlacionada con el riesgo general del mercado.
Donde:

$$\beta_i = \frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)} = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \tag{3.9}$$

- *beta* > 1, es el riesgo no diversificable de la inversión, siendo este mayor al promedio del mercado.

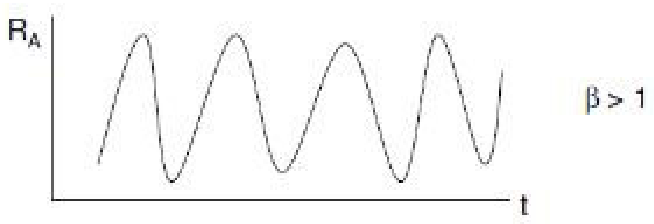

Figura 3.8: *Beta* > 1

- *beta* < 1, es el riesgo no diversificable de la inversión, siendo este menor al promedio del mercado.

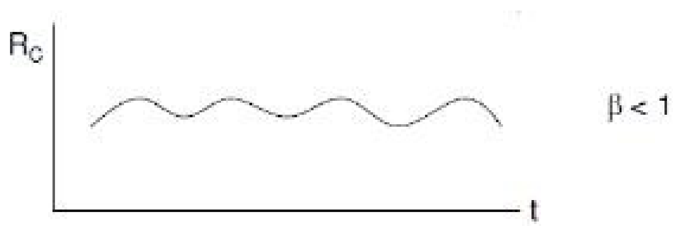

Figura 3.9: *Beta* < 1

- *beta* $= 1$, es la variación del riesgo no diversificable, tiene equivalencia con el mercado.

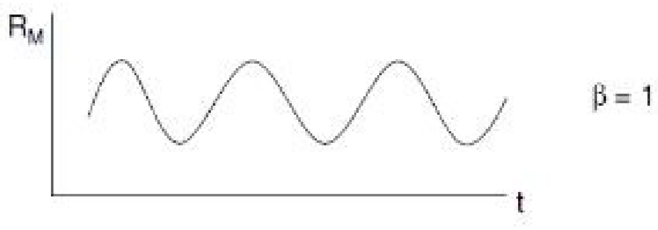

Figura 3.10: *Beta* $= 1$

Prima de Riesgo del Mercado

Se denomina Prima de Riesgo, al retorno adicional esperado para realizar una inversión muy riesgosa en vez de una segura, siendo la diferencia del Retorno del mercado (rendimiento esperado) entre el retorno libre de riesgo (renta fija).

$$Prima\,de\,riesgo = E(R_m) - R_f$$

Tasa Libre de Riesgo

Es utilizado como referencia al rendimiento que otorgan los bonos del Tesoro Americano; ya que, estos bonos no han imcumplido en más de 180 años, esto se debe a que también la Reserva Federal de los Estados Unidos podría emitir más billetes para el cumplimiento de sus obligaciones. La Reserva emite 3 principales bonos soberanos: T-Bills (3 meses), T-Notes (10 años), T-Bonds (30 años); siendo en consideración los T-Bills, ya que son instrumentos de menor grado expuestos al riesgo.

Retorno de Mercado

Es la tasa que un inversionista espera al invertir en un portafolio diversificado; integrado por diferentes tipos de activos, siendo estos de renta fija y renta variable, bienes raíces, instrumentos financieros derivados, monedas y commodities.

Su medición es el promedio histórico del retorno de mercado menos el promedio histórico del retorno del activo libre de riesgo.

Capítulo 4

Metodología

4.1. Formulación Matemática

La formulación matemática del modelo de Markowitz consiste en determinar las ponderaciones w_i que maximizan el rendimiento esperado del portafolio, sujeto a un riesgo máximo. Denotado de la siguiente manera:

$$MaxE(R_p) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_i) \tag{4.1}$$

Sujeto a:

$$\sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij} \leq \sigma_0^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1;\ w_i \geq 0\ (i = 1, \cdots, n)$$

Donde:

- n : es el número de activos en el portafolio.
- R_i: es la variable aleatoria del activo i.
- R_p: es la variable aleatoria rendimiento del portafolio.
- w_i: es el peso del presupuesto del inversionista destinado al activo i.
- $\sigma^2(R_p)$: es la varianza del rendimiento del portafolio.
- σ_{ij}: es la covarianza entre los rendimientos de los activos i y j.
- σ_0^2: es la varianza máxima obtenida.

La otra formulación dual consiste en determinar las ponderaciones que minimizan la varianza del portafolio, sujeto a un rendimiento mínimo requerido. Denotado de la siguiente manera:

$$Min\sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij} \tag{4.2}$$

Sujeto a:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot E(R_i) \geq \mu_0$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1;\ w_i \geq 0\ (i = 1, \cdots, n)$$

Donde:

- μ_0 : es el rendimiento mínimo requerido.

Con cualquiera de las dos alternativas anteriores, optimizando la varianza se encuentran los ponderados de los activos, estos optimizan el objetivo con las restricciones dadas, y se puede determinar un conjunto de portafolios eficientes, que proporcione el máximo rendimiento por cada nivel de riesgo.

Cabe mencionar, que en cualquier decisión de inversión, el inversionista se va a encontrar frente a dos objetivos en conflicto: la ambición de una ganancia máxima y el temor bajo responsabilidad que representa asumir el riesgo para alcanzar dicha ganancia. Para cada situación que se pueda presentar se tendrá que decidir en ***"ganancia-riesgo"*** las cuales deberán satisfacer sus expectativas.

4.2. Construcción de un Portafolio de Inversión

Inicialmente se tiene un conjunto de activos individuales que integran el portafolio.

Rentabilidad

En esta investigación se trabajará con la rentabilidad discreta (ver sección 3.1). Se calcula la rentabilidad diaria porcentual r_t, por cada activo involucrado en el portafolio, con base al precio de cierre ajustado; donde t representa el día de cotización del activo, P_t representa el precio del activo actual t y P_{t-1} representa el precio del activo anterior.

$$r_t = \left\{ \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right\} \cdot 100\,\%$$

Una vez, que se obtiene el rendimiento de cada activo, se procede a calcular el promedio, la varianza y la desviación estándar.

Promedio

Calcula el promedio de cada acción en un periodo de tiempo establecido.

$$\overline{r} = \frac{\sum_{t=1}^{n} r_t}{n}$$

Donde:

- n: es el tamaño de la cotización.

Retorno del Portafolio

Calcula el producto de los pesos $w = [w_1 w_2 w_3 ... w_n]$ con el promedio de cada acción.

$$E(R) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \overline{r_i}$$

Donde:

- $\overline{r_i}$: es el promedio.
- w_i: es el peso asociado a cada acción.

Varianza

La varianza mide la dispersión de las rentabilidades respecto a su promedio; cuan mayor sea la dispersión, mayor será el resultado de la varianza. Por lo tanto, se puede decir que un activo tiene mayor riesgo que otro cuando su varianza es mayor.

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n} (r_t - \overline{r})^2}{n}$$

Se expresa matricialmente de la siguiente manera:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + \cdots + w_i^2 \sigma_i^2 + 2 w_i w_2 \sigma_{1,2} + \cdots + 2 w_i w_j \sigma_{i,j}$$

$$\sigma_i^2 = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \cdots & w_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,i} \\ \sigma_{2,1} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2,i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{i,1} & \sigma_{i,2} & \cdots & \sigma_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_i \end{bmatrix}$$

Desviación Estándar

La desviación estándar es la medida de riesgo más importante, definida como la raíz cuadrada de la varianza.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(r_t - \overline{r})^2}{n}}$$

Se expresa matricialmente de la siguiente manera:

$$\sigma_p = (w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + \cdots + w_i^2\sigma_i^2 + 2w_i w_2 \sigma_{1,2} + \cdots + 2w_i w_j \sigma_{i,j})^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_i = \left(\begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \cdots & w_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,i} \\ \sigma_{2,1} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2,i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{i,1} & \sigma_{i,2} & \cdots & \sigma_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_i \end{bmatrix} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Matriz de Covarianza

La covarianza indica la dependencia lineal entre dos variables, para este caso es sobre las rentabilidades de activos. Se define de la siguiente manera:

$$Cov(r_i, r_j) = \sigma_{ij} = \frac{\sum_{ij=1}^{n}(r_i - E(r_i))(r_j - E(r_j))}{n}$$

Se expresa matricialmente de la siguiente manera:

$$Cov(r_i, r_j) = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,n} \\ \sigma_{2,1} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n,1} & \sigma_{n,2} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

La matriz es simétrica, por ello se tiene lo siguiente:

$$Cov(r_i, r_j) = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,n} \\ \sigma_{1,2} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{1,n} & \sigma_{2,n} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Donde:

$$Cov(r_i, r_j) = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & covar(1,2) & \cdots & covar(1,n) \\ covar(1,2) & \sigma_2^2 & \cdots & covar(2,n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ covar(1,n) & covar(2,n) & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Matriz de Coeficiente de Correlación

El coeficiente de correlación mide la relación lineal entre dos variables; cabe indicar, que el signo resultante de la correlación es el mismo que el de la covarianza, ver [14].
Se denota de la siguiente manera:

$$\rho_{x,y} = \frac{\sigma_{x,y}}{\sigma_x \sigma_y} \tag{4.3}$$

Cuando:

- $0 < \rho_{x,y} < 1$: si el coeficiente de correlación se encuentra dentro del parámetro, entonces existe una *correlación positiva.*

- $\rho_{x,y} = 1$: si el coeficiente de correlación es igual al parámetro, entonces existe una *correlación positiva perfecta*; esto quiere decir, que hay una total dependencia entre las dos variables.

- $-1 < \rho_{x,y} < 0$: si el coeficiente de correlación se encuentra dentro del parámetro, entonces existe una *correlación negativa.*

- $\rho_{x,y} = -1$: si el coeficiente de correlación es igual al parámetro, entonces existe una *correlación negativa perfecta*; esto quiere decir, que hay una total dependencia inversa entre las dos variables.

- $\rho_{x,y} = 0$: si el coeficiente de correlación es igual al parámetro,entonces no existe relación lineal entre las variables.

Al obtener las fórmulas anteriores, se procederá a construir el portafolio.

Capítulo 5

Aplicación

5.1. Modelo Markowitz

Se seleccionaron seis acciones de diversos factores, involucrados en la Bolsa de Valores de Lima (***BVL***). Los datos a analizar abarcan un período desde el 2014 hasta enero del 2018[1].

Cabe indicar que dichos datos también se pueden extraer de manera completa en la página de la Superintendencia del Mercado de Valores (***SMV***)[2], en la opción de Estadísticas y publicaciones y luego en la pestaña de Cotizaciones.

Las empresas con las cuales se va a trabajar son las siguientes: **Alicorp, Banco de Crédito del Perú (BCP), Ferreycorp S.A.A., Telefónica del Perú, Unión Andina Cemento y Minsur.**

Para elaborar el gráfico se seleccionó el precio de cierre ajustado de cada acción.

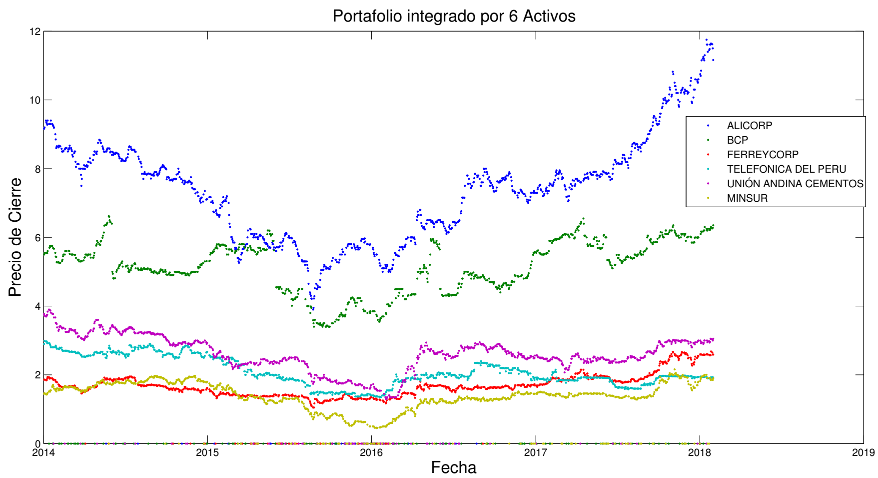

Figura 5.1: Representación de las acciones

[1] *http : //www.bvl.com.pe/mercempresasporsector.html*
[2] *http : //www.smv.gob.pe/*

Al observar el gráfico anterior podemos notar que hay espacios vacíos; es decir, fechas que no tiene precio de cierre. Para subsanar este tipo de inconsistencia se completó la información con el precio de cierre del día anterior, obteniendo el siguiente gráfico:

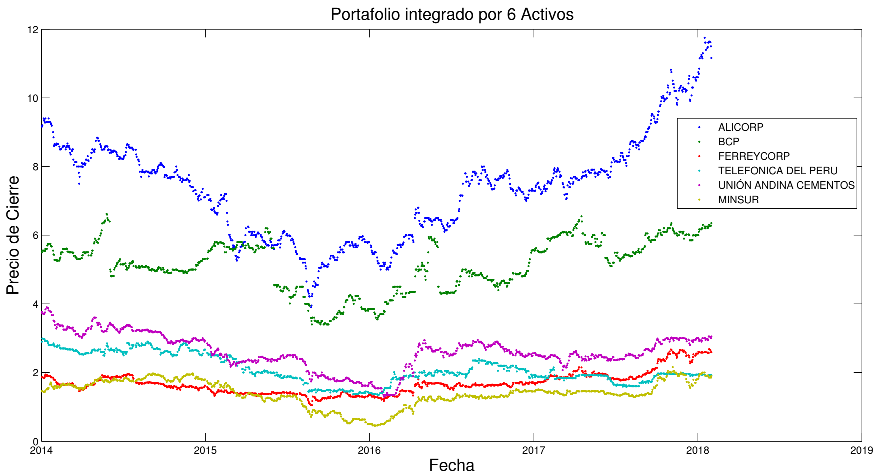

Figura 5.2: Representación de las acciones con precio de cierre de la fecha anterior

Ahora se promediará el dato de la semana anterior con la semana posterior, considerando la fecha de corte los martes de cada semana. Obteniendo el gráfico siguiente:

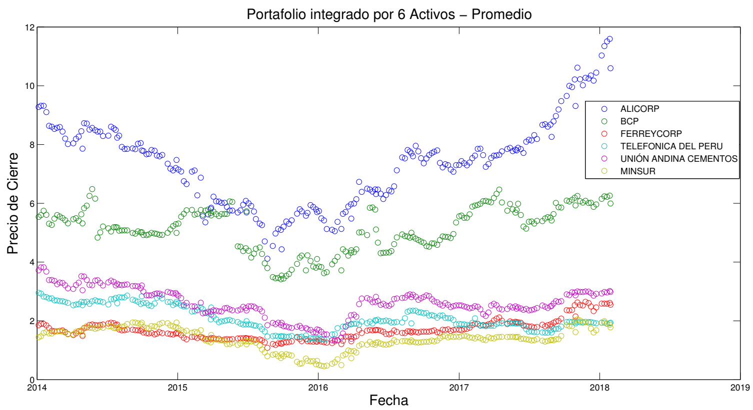

Figura 5.3: Representación del Promedio de las acciones

En el siguiente cuadro se muestra el promedio del cierre ajustado semanal de cada acción, solo se está visualizando 3 meses desde el periodo inicial 2014.
Para obtener la información completa, revisar CD.

Fecha de Cotización	**Alicorp**	**BCP**	**Ferreycorp**	**Telefónica del Perú**	**Unión Andina Cementos**	**Minsur**
02/01/14 - 07/01/14	9.2775	5.5375	1.8525	2.9575	3.7225	1.4475
08/01/14 - 14/01/14	9.32	5.598	1.902	2.93	3.822	1.48
15/01/14 - 21/01/14	9.316	5.746	1.898	2.828	3.824	1.59
22/01/14 - 28/01/14	9.104	5.608	1.848	2.812	3.678	1.624
29/01/14 - 04/02/14	8.638	5.308	1.758	2.766	3.392	1.574
05/02/14 - 11/02/14	8.606	5.266	1.664	2.768	3.39	1.57
12/02/14 - 18/02/14	8.532	5.48	1.652	2.7	3.36	1.626
19/02/14 - 25/02/14	8.57	5.6	1.648	2.696	3.25	1.65
26/02/14 - 04/03/14	8.596	5.55	1.662	2.676	3.302	1.652
05/03/14 - 11/03/14	8.442	5.498	1.676	2.67	3.294	1.638
12/03/14 - 18/03/14	8.202	5.426	1.624	2.646	3.212	1.60
19/03/14 - 25/03/14	8.016	5.32	1.556	2.614	3.11	1.544
26/03/14 - 01/04/14	7.86	5.318	1.488	2.538	3.044	1.53

Cuadro 5.1: Promedio de cierre ajustado

Luego, se muestra las variaciones porcentuales de cada acción, solo se está visualizando 3 meses desde el periodo inicial 2014.
Para obtener la información completa, revisar CD.

Fecha de Cotización	**Alicorp**	**BCP**	**Ferreycorp**	**Telefónica del Perú**	**Unión Andina Cementos**	**Minsur**
02/01/14 - 07/01/14	0.46 %	1.09 %	2.67 %	-0.93 %	2.67 %	2.25 %
08/01/14 - 14/01/14	-0.04 %	2.64 %	-0.21 %	-3.48 %	0.05 %	7.43 %
15/01/14 - 21/01/14	-2.28 %	-2.40 %	-2.63 %	-0.57 %	-3.82 %	2.14 %
22/01/14 - 28/01/14	-5.12 %	-5.35 %	-4.87 %	-1.64 %	-7.78 %	-3.08 %
29/01/14 - 04/02/14	-0.37 %	-0.79 %	-5.35 %	0.07 %	-0.06 %	-0.25 %
05/02/14 - 11/02/14	-0.86 %	4.06 %	-0.72 %	-2.46 %	-0.88 %	3.57 %
12/02/14 - 18/02/14	0.45 %	2.19 %	-0.24 %	-0.15 %	-3.27 %	1.48 %
19/02/14 - 25/02/14	0.30 %	-0.89 %	0.85 %	-0.74 %	1.60 %	0.12 %
26/02/14 - 04/03/14	-1.79 %	-0.94 %	0.84 %	-0.22 %	-0.24 %	-0.85 %
05/03/14 - 11/03/14	-2.84 %	-1.31 %	-3.10 %	-0.90 %	-2.49 %	-2.32 %
12/03/14 - 18/03/14	-2.27 %	-1.95 %	-4.19 %	-1.21 %	-3.18 %	-3.50 %
19/03/14 - 25/03/14	-1.95 %	-0.04 %	-4.37 %	-2.91 %	-2.12 %	-0.91 %
26/03/14 - 01/04/14	2.32 %	2.67 %	2.28 %	-0.08 %	1.51 %	0.92 %

Cuadro 5.2: Variaciones porcentuales

Al obtener dicha variación porcentual, hallamos la matriz de coeficientes de correlación y la matriz de covarianza.

	Alicorp	**BCP**	**Ferreycorp**	**Telefónica del Perú**	**Unión Andina Cementos**	**Minsur**
Alicorp	1	0.15441857	0.4607	0.1182	0.4396	0.3520
BCP	0.1544	1	0.2478	0.1213	0.2146	0.1760
Ferreycorp	0.4607	0.2478	1	0.2146	0.4848	0.3962
Telefónica del Perú	0.1182	0.1213	0.2146	1	0.1579	0.2519
Unión Andina Cementos	0.4396	0.1278	0.4848	0.1579	1	0.4030
Minsur	0.3520	0.1760	0.3962	0.2519	0.4030	1

Cuadro 5.3: Matriz de Coeficiente de Correlación

	Alicorp	**BCP**	**Ferreycorp**	**Telefónica del Perú**	**Unión Andina Cementos**	**Minsur**
Alicorp	0.0009	0.0002	0.0005	0.0001	0.0005	0.0006
BCP	0.0002	0.0016	0.0003	0.0001	0.0002	0.0004
Ferreycorp	0.0005	0.0003	0.0011	0.0002	0.0006	0.0007
Telefónica del Perú	0.0001	0.0001	0.0002	0.0009	0.0002	0.0004
Unión Andina Cementos	0.0005	0.0002	0.0006	0.0002	0.0013	0.0008
Minsur	0.0006	0.0004	0.0007	0.0004	0.0008	0.0028

Cuadro 5.4: Matriz de Covarianza

Se halla el retorno promedio y el riesgo o también llamado *desviación estándar* de cada acción.

	Alicorp	**BCP**	**Ferreycorp**	**Telefónica del Perú**	**Unión Andina Cementos**	**Minsur**
Retorno Promedio	0.15 %	0.14 %	0.22 %	-0.16 %	-0.03 %	0.26 %
Desviación Estándar	3.01 %	3.98 %	3.28 %	3.02 %	3.65 %	5.25 %

Cuadro 5.5: Retorno y Desviación Estándar

A continuación generamos aleatoriamente los pesos cuya suma tiene que ser igual a 1, estos valores deben ser mayor o igual a 0 y menor o igual 1.

Para esta presentación se ha generado 11 788 pesos para cada acción en el Portafolio, los cuales solo se visualizan una muestra.
Para obtener la información completa, revisar CD.

Alicorp	**BCP**	**Ferreycorp**	**Telefónica del Perú**	**Unión Andina Cementos**	**Minsur**
0.097791861	0.139886049	0.19364279	0.088953933	0.368841115	0.110884253
0.230958796	0.069448039	0.400976198	0.081981529	0.132563041	0.084072397
0.134129905	0.204599969	0.147771607	0.183157063	0.2094046	0.120936856
0.289490116	0.060578212	0.171470145	0.065432171	0.325252948	0.087776408
0.052384828	0.210777817	0.227940613	0.254539173	0.056880122	0.197477447
0.132830507	0.09012271	0.20708566	0.228592431	0.097129349	0.244239344
0.205689623	0.081093008	0.134103737	0.223711087	0.207666543	0.147736002
0.295656645	0.013452874	0.333219467	0.182885994	0.150916468	0.023868551
0.004669879	0.11005063	0.286442089	0.148423498	0.400419014	0.04999489
0.044392404	0.184874866	0.460190303	0.00352107	0.304295275	0.002726082
0.042478209	0.046375088	0.191644362	0.249768633	0.126214588	0.343519121
0.001470847	0.21741226	0.158458879	0.207289113	0.199839065	0.215529835

Cuadro 5.6: Pesos

Donde la desviación estándar, se ha obtenido de las tablas anteriores 5.4 y 5.6 y el retorno se obtuvo de las tablas 5.5 y 5.6 :

Desviación Estándar	**Retorno Promedio**
2.50 %	0.0780 %
2.45 %	0.1353 %
2.28 %	0.0757 %
2.49 %	0.0903 %
2.40 %	0.0950 %
2.50 %	0.1004 %
2.32 %	0.0667 %
2.31 %	0.0904 %
2.50 %	0.0536 %
2.62 %	0.1219 %
2.81 %	0.0983 %
2.50 %	0.0805 %

Cuadro 5.7: Desviación Estándar y Retorno Promedio del Portafolio

Obteniendo la siguiente gráfica, mediante el Método de Monte Carlo, respectivamente de la Desviación Estándar o Riesgo y el Retorno Promedio del Portafolio:

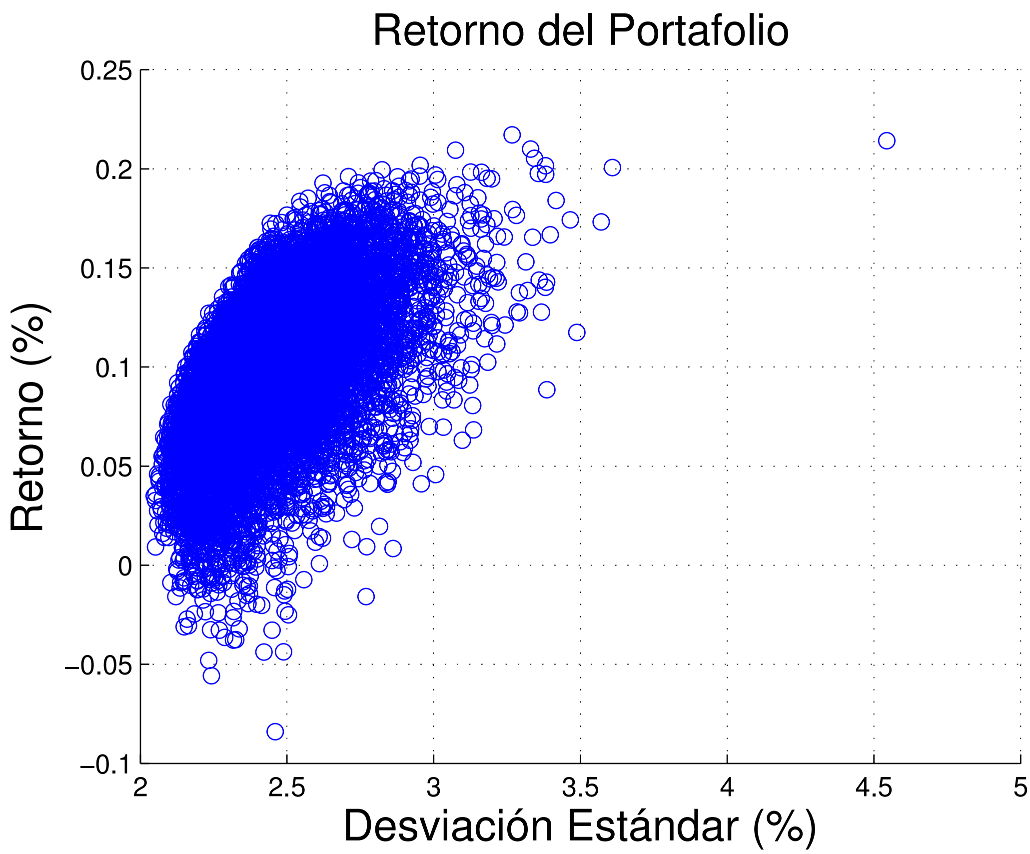

Figura 5.4: Retorno del Portafolio

5.2. Optimización del Portafolio

Se codificó en Matlab las fronteras eficientes, el gráfico siguiente muestra cinco portafolios:

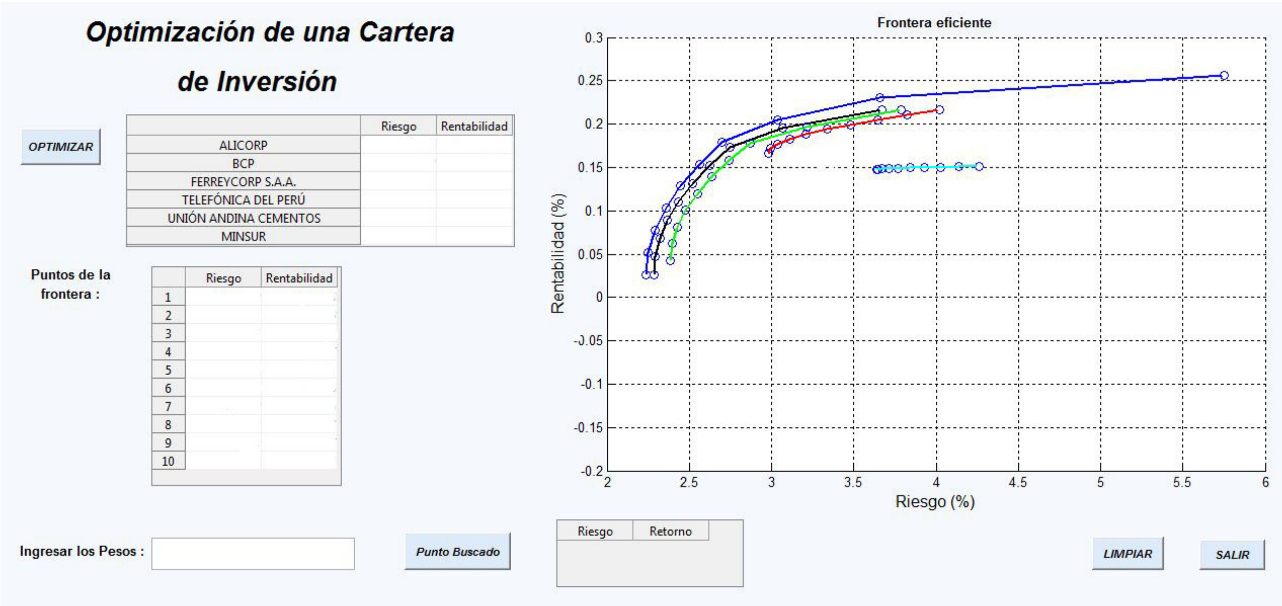

Figura 5.5: Fronteras Eficientes

Cada frontera eficiente se encuentra integrado por las siguientes acciones:

Portafolios	Acciones Integradas	Color
Portafolio 1	Alicorp y BCP	Celeste
Portafolio 2	Alicorp, BCP y Ferreycorp S.A.A.	Rojo
Portafolio 3	Alicorp, BCP, Ferreycorp S.A.A. y Telefónica del Perú	Verde Limón
Portafolio 4	Alicorp, BCP, Ferreycorp S.A.A. Telefónica del Perú y Unión Andina Cementos	Negro
Portafolio 5	Alicorp, BCP, Ferreycorp S.A.A. Telefónica del Perú, Unión Andina Cementos y Minsur	Azul

Cuadro 5.8: Integración de Portafolios

Como podemos observar la frontera más eficiente de los cinco portafolios es la curva de color azul, siendo el Portafolio 5 integrado por todas las acciones.

Podemos observar en el gráfico la curva más óptima, este muestra los puntos máximos de la frontera y la ubicación de cada acción. Estos se indican numéricamente, en la parte izquierda del gráfico:

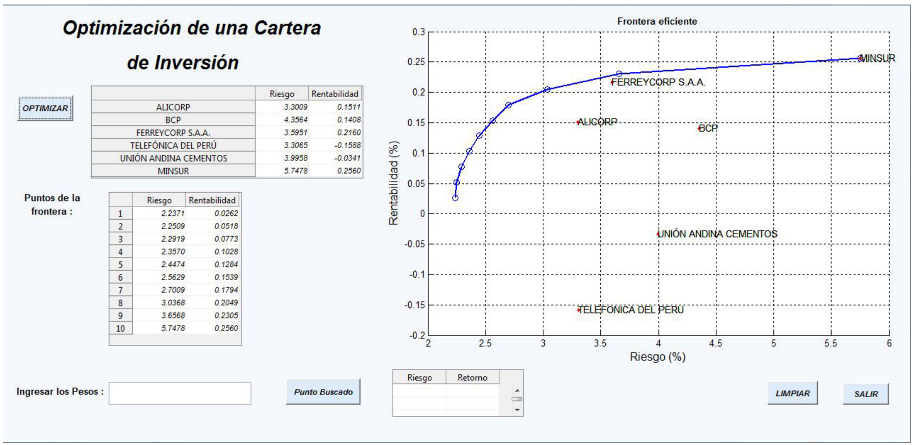

Figura 5.6: Frontera Eficiente

Por otro lado, realizamos la búsqueda del peso óptimo, estos se encuentran en la curva de la frontera eficiente.

El **peso óptimo** está representado por un punto de color magenta cuyo nombre que lo acompaña es ***Punto Ubicado*** sobre la frontera, indicando que el peso cuyo dato corresponde a 4.0959 % (*Riesgo*) y 0.1034 %(*Rentabilidad*) es uno de los puntos más importantes que debe tomar el inversionista para analizar si es de gran conveniencia invertir en solo tres de sus acciones o realizar otra búsqueda eficiente, donde se logre obtener menor riesgo con una gran rentabilidad.

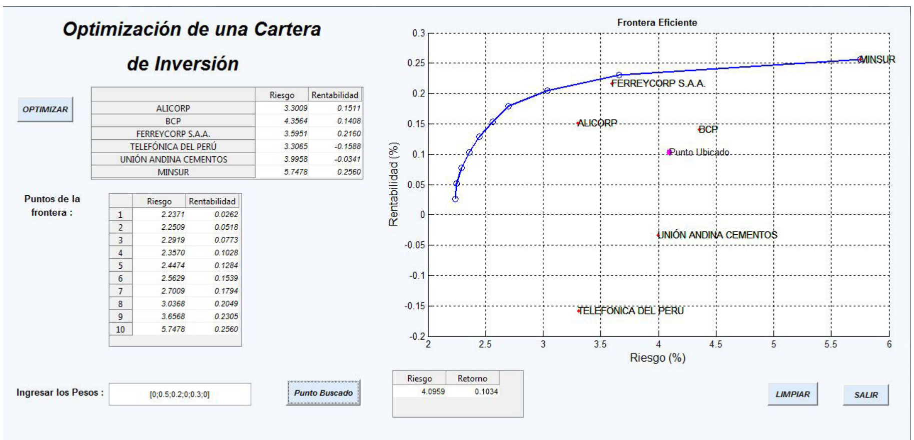

Figura 5.7: Frontera Eficiente - Búsqueda del Peso Óptimo

Cabe indicar que el ***peso*** que le corresponde a cada acción tiene el vector siguiente:

Acción	Peso
ALICORP	[1;0;0;0;0;0]
BCP	[0;1;0;0;0;0]
FERREYCORP S.A.A.	[0;0;1;0;0;0]
TELEFONICA DEL PERU	[0;0;0;1;0;0]
UNIÓN ANDINA CEMENTOS	[0;0;0;0;1;0]
MINSUR	[0;0;0;0;0;1]

Cuadro 5.9: Peso de cada acción

Para obtener el ***Punto Ubicado***, en base a los pesos se realizó la siguiente operación matricial, tomando en cuenta el dato anterior que figura en el gráfico:

$$Punto\,Buscado = Peso * Riesgo$$

$$Punto\,Buscado = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}5 & 0{,}2 & 0 & 0{,}3 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3{,}3009 \\ 4{,}3564 \\ 3{,}5951 \\ 3{,}3065 \\ 3{,}9958 \\ 5{,}7478 \end{bmatrix} = 2{,}1782 + 0{,}71902 + 1{,}19874$$

$$Punto\,Ubicado\,(Riesgo) = 4{,}0959\,\%$$

$$Punto\,Ubicado = Peso * Rentabilidad$$

$$Punto\,Ubicado = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}5 & 0{,}2 & 0 & 0{,}3 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0{,}1511 \\ 0{,}1408 \\ 0{,}2160 \\ -0{,}1588 \\ -0{,}0341 \\ 0{,}2560 \end{bmatrix} = 0{,}0704 + 0{,}0432 - 0{,}01023$$

$$Punto\,Buscado\,(Rentabilidad) = 0{,}1034\,\%$$

5.3. Modelo de Valoración de Activos Financieros

Para esta investigación, se extrajo los datos de los 3 últimos años, tal como indica la ruta en el pie de página[3].

Al exportar dichos datos, se obtendrá un archivo excel donde solo se visualizará un mes desde el periodo inicial febrero, 2015.

Para obtener la información completa, revisar CD.

Fecha	**Peru Select Index TR Rendimiento Total**	**Peru Select Index NTR Rendimiento Neto Total**	**Peru Select Index Rendimiento sobre el Precio**
20/02/2015	330.17	326.81	253.11
23/02/2015	327.38	324.04	250.96
24/02/2015	326.79	323.47	250.52
25/02/2015	326.41	323.08	250.22
26/02/2015	325.82	322.51	249.77
27/02/2015	327.14	323.81	250.78
02/03/2015	326.42	323.1	250.23
03/03/2015	324.96	321.65	249.11
04/03/2015	325.84	322.53	249.79
05/03/2015	325.49	322.18	249.52
06/03/2015	317.99	314.75	243.77
09/03/2015	313.16	309.97	240.07
10/03/2015	311.15	307.98	238.52
11/03/2015	312.13	308.95	239.27
12/03/2015	313	309.81	239.83
13/03/2015	312.09	308.91	239.13
16/03/2015	309.64	306.48	237.25
17/03/2015	311.11	307.93	238.37
18/03/2015	314.82	311.6	241.22
19/03/2015	314.19	310.98	240.73
20/03/2015	315.88	312.66	242.03

Cuadro 5.10: Rendimiento del índice del mercado

De acuerdo a la tabla anterior, en esta investigación se trabajará con el **Rendimiento Total**.

[3] $https://espanol.spindices.com/indices/equity/sp-bvl-peru-select-index$

En el siguiente cuadro se presenta el dato de la acción seleccionada y el índice **S&P - BVL Peru Select** - Rendimiento Total, respectivamente solo se presenta una muestra de un mes.

Para obtener la información completa, revisar CD.

Fecha de Cotización	S&P-BVL Peru Select Index TR (PEN) Rendimiento Total	Alicorp	Ferreycorp	Unión Andina Cementos
20/02/2015	330.17	6.30	1.40	2.36
23/02/2015	327.38	6.01	1.41	2.34
24/02/2015	326.79	6.01	1.41	2.30
25/02/2015	326.41	5.95	1.40	2.24
26/02/2015	325.82	5.90	1.41	2.17
27/02/2015	327.14	5.85	1.44	2.20
02/03/2015	326.42	5.85	1.43	2.23
03/03/2015	324.96	5.70	1.43	2.25
04/03/2015	325.84	5.65	1.43	2.25
05/03/2015	325.49	5.70	1.41	2.30
06/03/2015	317.99	5.66	1.43	2.31
09/03/2015	313.16	5.40	1.40	2.25
10/03/2015	311.15	5.40	1.40	2.20
11/03/2015	312.13	5.30	1.39	2.25
12/03/2015	313.00	5.26	1.39	2.27
13/03/2015	312.09	5.36	1.40	2.27
16/03/2015	309.64	5.35	1.38	2.27
17/03/2015	311.11	5.50	1.37	2.30
18/03/2015	314.82	5.55	1.38	2.30
19/03/2015	314.19	5.55	1.38	2.30
20/03/2015	315.88	5.66	1.41	2.31

Cuadro 5.11: Rendimiento del Mercado Vs. Precio ajustado de las activos

Luego el cuadro siguiente muestra las variaciones porcentuales de la acción y del mercado, solo se está visualizando un mes desde el periodo inicial 2015.

Para obtener la información completa, revisar CD.

Fecha de Cotización	**S&P-BVL Peru Select Index TR (PEN) Rendimiento Total**	**Alicorp**	**Ferreycorp**	**Unión Andina Cementos**
20/02/2015	-0.845 %	-4.603 %	-0.849 %	0.007 %
23/02/2015	-0.180 %	0.000 %	-0.175 %	0.002 %
24/02/2015	-0.116 %	-0.998 %	-0.120 %	0.002 %
25/02/2015	-0.181 %	-0.840 %	-0.180 %	0.002 %
26/02/2015	0.405 %	-0.847 %	0.404 %	0.002 %
27/02/2015	-0.220 %	0.000 %	-0.219 %	0.007 %
02/03/2015	-0.447 %	-2.564 %	-0.448 %	0.002 %
03/03/2015	0.271 %	-0.877 %	0.273 %	0.002 %
04/03/2015	-0.107 %	0.885 %	-0.108 %	0.002 %
05/03/2015	-2.304 %	-0.702 %	-2.304 %	0.002 %
06/03/2015	-1.519 %	-4.594 %	-1.518 %	0.007 %
09/03/2015	-0.642 %	0.000 %	-0.646 %	0.002 %
10/03/2015	0.315 %	-1.852 %	0.314 %	0.002 %
11/03/2015	0.279 %	-0.755 %	0.234 %	0.002 %
12/03/2015	-0.291 %	1.901 %	-0.2927 %	0.002 %
13/03/2015	-0.785 %	-0.187 %	-0.786 %	0.007 %
16/03/2015	0.475 %	2.804 %	0.472 %	0.002 %
17/03/2015	1.193 %	0.909 %	1.196 %	0.002 % %
18/03/2015	-0.200 %	0.000 %	-0.203 %	0.002 %
19/03/2015	0.538 %	1.982 %	0.540 %	0.002 %
20/03/2015	-0.465 %	0.177 %	-0.467 %	0.007 %

Cuadro 5.12: Variación Porcentual del Mercado y los activos

5.3.1. Alicorp

Analizaremos para la acción **ALICORP**, es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de fideos, detergentes, aceites y grasas, suavizantes, salsas, alimentos balanceados y productos de cuidado personal.
En el gráfico se muestra la evolución del precio ajustado de la acción ALICORP durante el año del 2015 hasta el 2018.

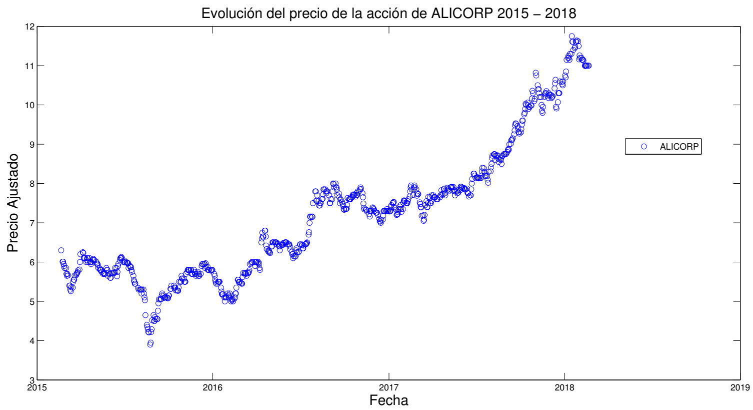

Figura 5.8: Evolución del Precio de la Acción ALICORP

Ahora analizaremos la estimación del CAPM para el activo ALICORP que se encuentra integrado en el Mercado **S&P - BVL Peru Select**.
Se escogió esta acción desde Enero del 2015 hasta Enero del 2018, considerando los días hábiles.
Al obtener la variación porcentual del mercado y de la acción ALICORP, se halla la *covarianza* y *varianza*, denotado de la siguiente manera:

$$cov(R_i, R_m) \equiv \sigma_{i,m}$$

Obteniéndose el siguiente valor: $cov(R_i, R_m)$= 0.007252 %

$$var(R_m) \equiv \sigma_m^2$$

Obteniéndose el siguiente valor: $var(R_m)$= 0.010968 %

Para obtener el β**,** se halló de dos maneras diferentes:

1. El $\beta = \dfrac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)}$, obteniendo como dato $\beta =$ **0.6612**.

2. Hallando la pendiente, cuya fórmula es: $\beta = \dfrac{R_i - R_{i-1}}{R_m - R_{m-1}}$, obteniendo como dato $\beta =$ **0.6612**.

De tal manera, se obtiene $\beta = 0.6612$, esto quiere decir que $\beta < 1$ entonces ALICORP es un activo defensivo; es decir, tiene un bajo nivel de riesgo y es menos sensible a las fluctuaciones del mercado.
Se realizó en matlab el gráfico de dispersión, para hallar el *Beta* (β) y el *Alpha* (α).

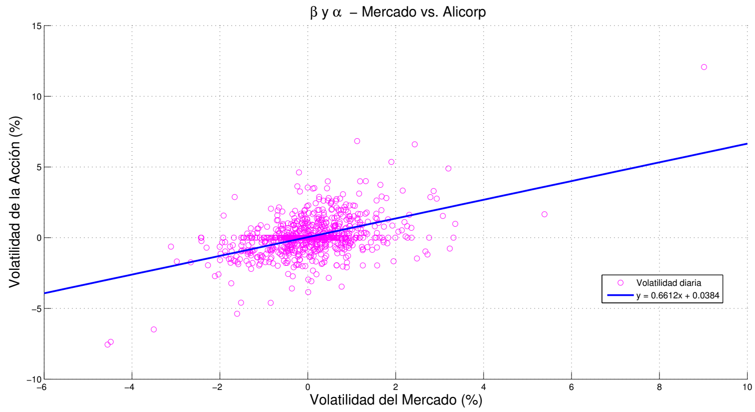

Figura 5.9: Medición de la sensibilidad de una acción ante las fluctuaciones del mercado

Del gráfico, se puede decir que la **pendiente** denominado por *Beta* (β) es 0.6612 y el coeficiente de intersección con el eje Y denominado por *Alpha* (α) es $0.000384 \equiv 0.04\,\%$.

Para calcular la **rentabilidad esperada del mercado** se utilizó la variación anual del Índice Select[4] de la Bolsa de Valores de Lima de los últimos 3 años, se realizó el rendimiento discreto 3.1 obteniendo el valor de $E(R_m)$ 0.070 %

Para expresar la **tasa libre de riesgo** se utilizó la tasa del Bono Soberano de Perú de 10 años[5], desde el periodo Enero del 2008 al 2018, obteniendo el valor promedio de la variación porcentual de R_f 0.0188 %; o se puede usar la tasa del Bono Soberano de Estados Unidos de 10 años[6], desde el periodo Febrero del 2008 al 2018, obteniendo el valor de R_f 2.549 %.

Para expresar el **riesgo país** se utilizó de la fecha del 20 de Febrero del 2018 teniendo como resultado 1.07 puntos porcentuales (**1.10 %**), ajustado después del cierre según informa EMBI+Perú calculado por el Banco de Inversión JP Morgan.
Dicha información se puede obtener de la Página ***ámbito***[7].

Ahora reemplazar los datos en la ecuación (3.8) del CAPM:

1. $\beta = 0.6612$
2. $E(R_m) = 0.070\,\%$

[4] *https://espanol.spindices.com/indices/equity/sp-bvl-peru-select-index*
[5] *https://es.investing.com/rates-bonds/peru-15-year-bond-yield-historical-data*
[6] *https://es.investing.com/rates-bonds/u.s.-10-year-bond-yield-historical-data*
[7] *www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=13*

3. $R_f = 0.0188\,\%$

$$CAPM = R_f + \beta_i \cdot [E(R_m) - R_f]$$

$$CAPM = 0{,}0188\,\% + 0{,}6612 \cdot [0{,}070\,\% - 0{,}0188\,\%]$$

$$CAPM = 0{,}053\,\%$$

5.3.2. Ferreycorp S.A.A.

Analizaremos para la acción **FERREYCORP**, es una empresa peruana dedicada a la importación de bienes de capital, se basa principalmente a la operación de negocios de maquinarias y repuestos.
En el gráfico se muestra la evolución del precio ajustado de la acción Ferreycorp durante el año del 2015 hasta el 2018.

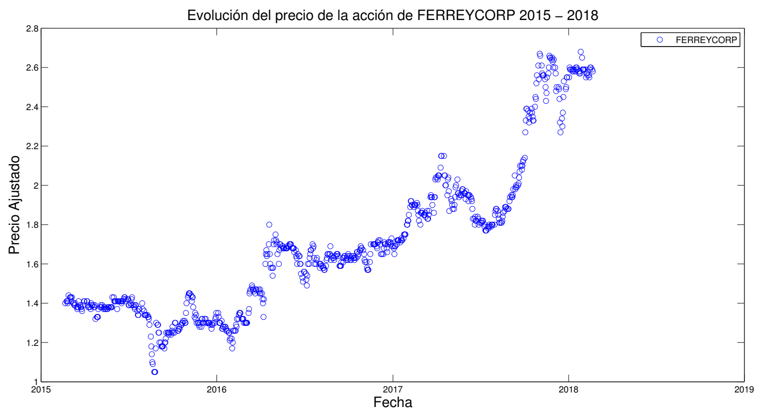

Figura 5.10: Evolución del Precio de la Acción FERREYCORP

Ahora analizaremos la estimación del CAPM para el activo FERREYCORP que se encuentra integrado en el Mercado **S&P - BVL Peru Select**.
Se escogió esta acción desde el 20 Febrero del 2015 hasta el 20 Febrero del 2018, considerando los días hábiles.
Al obtener la variación porcentual del mercado y de la acción FERREYCORP, se halla la *covarianza* y *varianza*, denotado de la siguiente manera:

$cov(R_i, R_m)$= 0.008426 %

$var(R_m)$= 0.0110 %

De tal manera, se obtiene $\beta = 0.7682$, esto quiere decir que $\beta < 1$ entonces FERREYCORP es un activo defensivo; es decir, tiene un menor nivel de riesgo y es menos sensible a las fluctuaciones del mercado.

Se realizó en matlab el gráfico de dispersión, para hallar el *Beta* (β) y el *Alpha* (α).

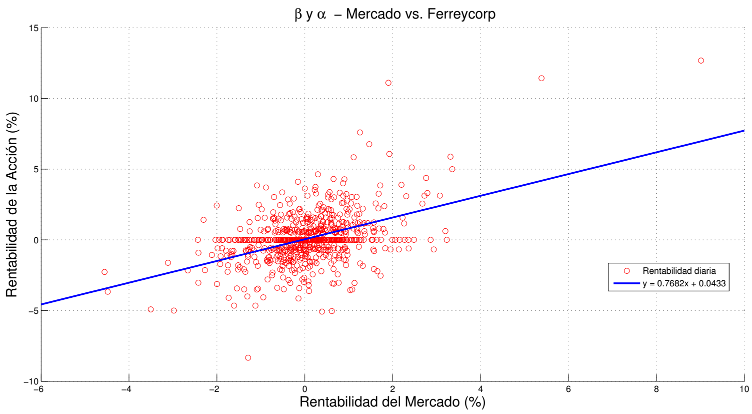

Figura 5.11: Medición de la sensibilidad de una acción ante las fluctuaciones del mercado

Del gráfico, se puede decir que la **pendiente** denominado por *Beta* (β) es 0.7682 y el coeficiente de intersección con el eje Y denominado por *Alpha* (α) es $0.0004 \equiv 0.04\,\%$.

Para calcular la **rentabilidad esperada del mercado** se utilizó la variación anual del Índice Select de la Bolsa de Valores de Lima de los últimos 3 años, se realizó el rendimiento discreto 3.1 obteniendo el valor de $E(R_m)$ 0.070 %

Para expresar la **tasa libre de riesgo** se utilizó la tasa del Bono Soberano de Perú de 10 años, desde el periodo Enero del 2008 al 2018, obteniendo el valor promedio de la variación porcentual de R_f 0.0188 %; o se puede usar la tasa del Bono Soberano de Estados Unidos de 10 años, desde el periodo Febrero del 2008 al 2018, obteniendo el valor de R_f 2.549 %.

Para expresar el **riesgo país** se utilizó de la fecha del 20 de Febrero del 2018 teniendo como resultado 1.07 puntos porcentuales (**1.10 %**), ajustado después del cierre según informa EMBI+Perú calculado por el Banco de Inversión JP Morgan.

Ahora reemplazar los datos en la ecuación (3.8) del CAPM:

1. $\beta = 0.7682$
2. $E(R_m) = 0.070\,\%$
3. $R_f = 0.0188\,\%$

$$CAPM = R_f + \beta_i \cdot [E(R_m) - R_f]$$

$$CAPM = 0{,}0188\,\% + 0{,}7682 \cdot [0{,}070\,\% - 0{,}0188\,\%]$$

$$CAPM = 0{,}058\,\%$$

5.3.3. Unión Andina Cementos

Analizaremos para la acción **UNIÓN ANDINA CEMENTOS**, es una empresa dedicada a la producción y comercialización de cemento, UNACEM se comercializa a granel, así como también embolsado bajo distintas marcas, siendo distribuido por ferreterías independientes y también a través de una red de ferreterías propias, denominada Progre-Sol. En el gráfico se muestra la evolución del precio ajustado de la acción UNIÓN ANDINA CEMENTOS durante el año del 2015 hasta el 2018.

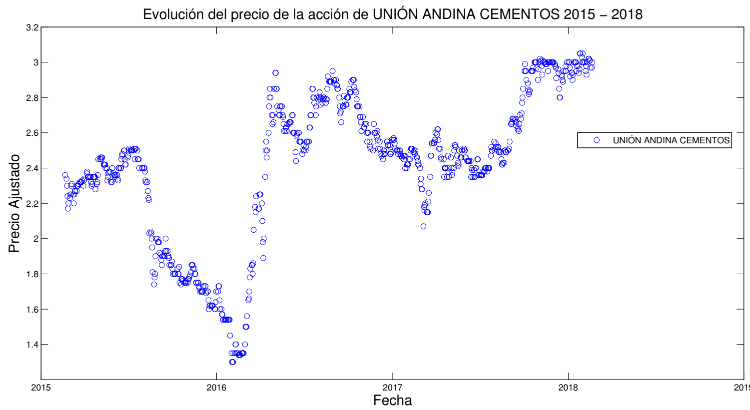

Figura 5.12: Evolución del Precio de la Acción UNIÓN ANDINA CEMENTOS

Ahora analizaremos la estimación del CAPM para el activo UNIÓN ANDINA CEMENTOS que se encuentra integrado en el Mercado **S &P - BVL Peru Select**.
Se escogió esta acción desde el 20 Febrero del 2015 hasta el 20 Febrero del 2018, considerando los días hábiles.
Al obtener la variación porcentual del mercado y de la acción UNIÓN ANDINA CEMENTOS, se halla la *covarianza* y *varianza*, denotado de la siguiente manera:

$cov(R_i, R_m)$= 0.008404 %

$var(R_m)$= 0.010968 %

De tal manera, se obtiene $\beta = 0.7662$, esto quiere decir que $\beta < 1$ entonces FERREYCORP es un activo defensivo; es decir, tiene un menor nivel de riesgo y es menos sensible a las fluctuaciones del mercado.

Se realizó en matlab el gráfico de dispersión, para hallar el *Beta* (β) y el *Alpha* (α).

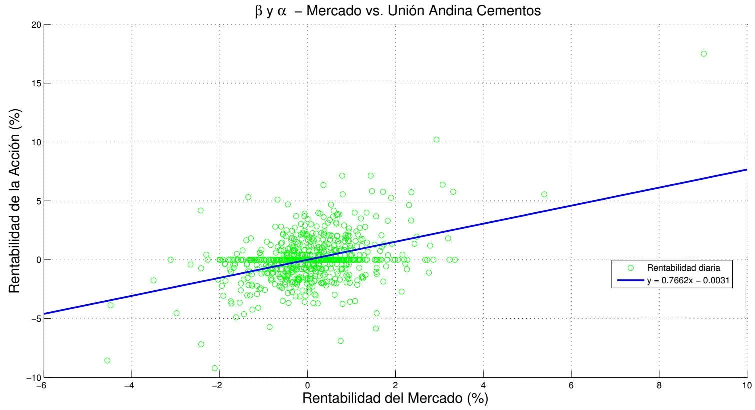

Figura 5.13: Medición de la sensibilidad de una acción ante las fluctuaciones del mercado

Del gráfico, se puede decir que la **pendiente** denominado por *Beta* (β) es 0.7682 y el coeficiente de intersección con el eje Y denominado por *Alpha* (α) es -0.000031 $\equiv$ 0.03 %.

Para calcular la **rentabilidad esperada del mercado** se utilizó la variación anual del Índice Select de la Bolsa de Valores de Lima de los últimos 3 años, se realizó el rendimiento discreto 3.1 obteniendo el valor de $E(R_m)$ 0.070 %

Para expresar la **tasa libre de riesgo** se utilizó la tasa del Bono Soberano de Perú de 10 años, desde el periodo Enero del 2008 al 2018, obteniendo el valor promedio de la variación porcentual de R_f 0.0188 %; o se puede usar la tasa del Bono Soberano de Estados Unidos de 10 años, desde el periodo Febrero del 2008 al 2018, obteniendo el valor de R_f 2.549 %.

Para expresar el **riesgo país** se utilizó de la fecha del 20 de Febrero del 2018 teniendo como resultado 1.07 puntos porcentuales (**1.10 %**), ajustado después del cierre según informa EMBI+Perú calculado por el Banco de Inversión JP Morgan.

Ahora reemplazar los datos en la ecuación (3.8) del CAPM:

1. $\beta = 0.7662$
2. $E(R_m) = 0.070\,\%$
3. $R_f = 0.0188\,\%$

$$CAPM = R_f + \beta_i \cdot [E(R_m) - R_f]$$

$$CAPM = 0{,}0188\,\% + 0{,}7662 \cdot [0{,}070\,\% - 0{,}0188\,\%]$$

$$CAPM = 0{,}058\,\%$$

Capítulo 6

Conclusiones

- El modelo de Markowitz es de gran utilidad para los analistas y/o inversionistas, ya que se ha proporcionado mediante el modelo portafolio con buen desempeño; cabe indicar, que el éxito de esta aplicación depende mucho de la correcta estimación de los rendimientos esperados de las acciones y sus covarianzas; usando series de rentabilidades históricas, las cuales no permiten asegurar que el comportamiento futuro del mercado sea similar a lo que fue en el pasado.

- De la gráfica obtenida en base a la aplicación, se puede decir que, el portafolio de inversión proporciona cierto grado de espacio frente al riesgo, evitando pérdidas que se pueden generar en el mercado.

- Los β de las cuatro acciones seleccionadas pertenecientes al Mercado Selecto de Perú, nos indican que son menores a uno; por lo tanto, estas acciones tiene un menor nivel de riesgo y son menos sensible a las fluctuaciones del mercado.

- Si uno de los β hubiera sido mayor a uno, pues se consideraría riesgosa; ya que, amplifican el movimiento del mercado siendo un activo más volátil, es decir, cuando el mercado aumenta la **prima de riesgo**, el riesgo de la empresa aumenta en una proporción mayor de lo que tiene el mercado.

Apéndice A

Matlab

A.1. Software

Matlab es un software interactivo el cual sirve para realizar cálculos numéricos y análisis de datos. Contiene una gran cantidad de herramientas y utilidades los cuales se encuentran enlazados bajo diversas funcionalidades, como la presentación de gráficas bidimensionales o tridimensionales. Estos están agrupados en cajas de herramientas *(toolboxes)* y Simulink con los paquetes de bloques *(blocksets)*. A su vez, se puede añadir paquetes especializados para tareas como el tratamiento de imágenes.

A.2. Interfaz

Para implementar dicho código se utilizó MatLab R2012a, este programa de simulaciones matemáticas es el más utilizado porque tiene una interfaz llamado GUIDE, cuyo entorno es amigable para el usuario.

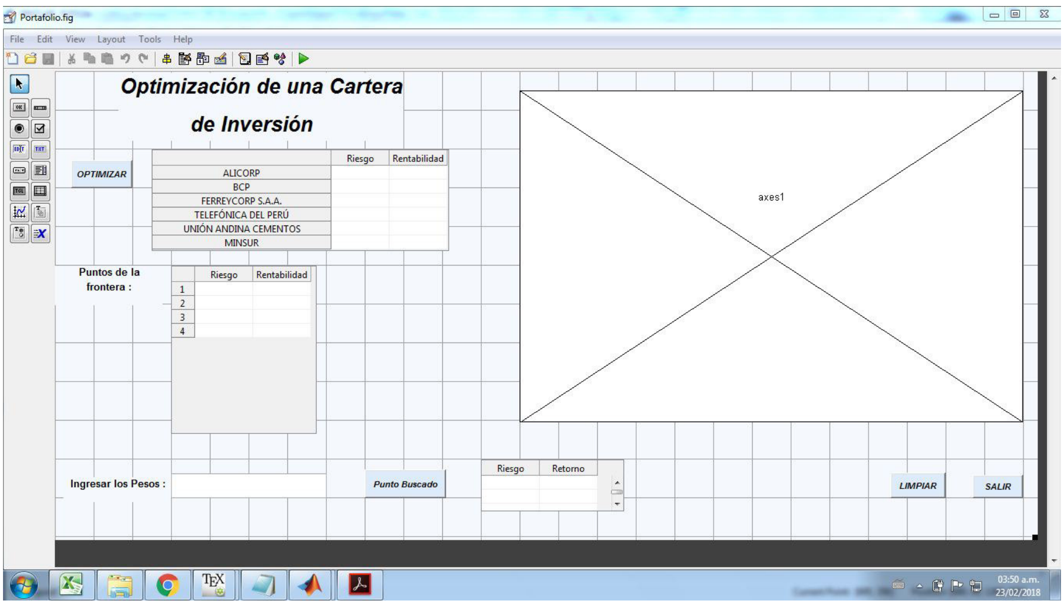

Figura A.1: Desarrollo de la interfaz

A.3. Código

```
function varargout = Portafolio(varargin)
% PORTAFOLIO MATLAB code for Portafolio.fig
%      H = PORTAFOLIO returns the handle to a new PORTAFOLIO or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      PORTAFOLIO('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%      function named CALLBACK in PORTAFOLIO.M with the given input arguments.
%
%      PORTAFOLIO('Property','Value',...) creates a new PORTAFOLIO or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before Portafolio_OpeningFcn gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to Portafolio_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Portafolio

% Last Modified by GUIDE v2.5 20-Feb-2018 12:03:49

% Begin initialization code - DO NOT EDIT

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @Portafolio_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @Portafolio_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Portafolio is made visible.
function Portafolio_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
```

```
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Portafolio (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Portafolio
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Portafolio wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Portafolio_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on selection change in listbox1.
function listbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns listbox1 contents
%    as cell array
%        contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from listbox1


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function listbox1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1
%  as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2
%  as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3
%  as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes on button press in pushbutton_calcular1.
function pushbutton_calcular1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_calcular1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

load('Dat.mat')

p = Portfolio('AssetList', Asset);
p = p.estimateAssetMoments(Data, 'missingdata', true)
p = p.setInitPort(1/p.NumAssets);
[ersk, eret] = p.estimatePortMoments(p.InitPort);

part1_intro_plot('Retorno y riesgo de acciones', ...
{'scatter', sqrt(diag(p.AssetCovar)), p.AssetMean, p.AssetList, '.r'});

p = p.setDefaultConstraints;
pwgt = p.estimateFrontier(30);
[prsk, pret] = p.estimatePortMoments(pwgt);
valor = get(handles.edit_matriz,'String');
A = str2num(valor);
[riesgo,retorno]=p.estimatePortMoments(A);
disp('Riesgo es:');disp(riesgo)
disp('Retorno es:');disp(retorno)
grid on
hold on

part1_intro_plot('Frontera eficiente', ...
{'line', prsk, pret}, ...
{'scatter',sqrt(diag(p.AssetCovar)),  p.AssetMean, p.AssetList, '.r'});
```

```
plot(DesvEst(:,1),DesvEst(:,2),'or');
w1=[sqrt(diag(p.AssetCovar)),p.AssetMean];
set(handles.uitable2,'data',w1);
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in pushbutton_graficar.
function pushbutton_graficar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_graficar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)


% --- Executes on button press in pushbutton_salir.
function pushbutton_salir_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_salir (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
selection = questdlg(['¿Desea salir del Programa ' ...
get(handles.figure1,'Name') '?'],...
                     ['SALIR ' get(handles.figure1,'Name') '...'],...
                     'Si','No','Si');
if strcmp(selection,'No')
    return;
end
delete(handles.figure1)


% --- Executes on button press in pushbutton_portafolio.
function pushbutton_portafolio_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_portafolio (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

load('Dat.mat')

p = Portfolio('AssetList', Asset);
p = p.estimateAssetMoments(Data, 'missingdata', true);
p = p.setInitPort(1/p.NumAssets);
[ersk, eret] = p.estimatePortMoments(p.InitPort);

part1_intro_plot('Retorno y riesgo de acciones', ...
{'scatter', sqrt(diag(p.AssetCovar)), p.AssetMean, p.AssetList, '.r'});

p = p.setDefaultConstraints;
pwgt = p.estimateFrontier(10);
[prsk, pret] = p.estimatePortMoments(pwgt);

hold on
```

```
part1_intro_plot('Frontera eficiente', ...
{'line', prsk, pret}, ...
{'scatter',sqrt(diag(p.AssetCovar)),  p.AssetMean, p.AssetList, '.r'});

w1=[sqrt(diag(p.AssetCovar)),p.AssetMean];
w2=[prsk, pret];
set(handles.uitable2,'data',w1);
set(handles.uitable4,'data',w2);
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in pushbutton_curvaeficiencia.
function pushbutton_curvaeficiencia_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_curvaeficiencia (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on selection change in listbox2.
function listbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns listbox2 contents
%    as cell array
%        contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from listbox2

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function listbox2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in listbox3.
function listbox3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns listbox3 contents
%    as cell array
%        contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from listbox3
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function listbox3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to listbox3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit_matriz_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit_matriz (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit_matriz as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit_matriz
%  as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit_matriz_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit_matriz (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in btn_ris_ret.
function btn_ris_ret_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to btn_ris_ret (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
load('Dat.mat')
p = Portfolio('AssetList', Asset);
p = p.estimateAssetMoments(Data, 'missingdata', true);
valor = get(handles.edit_matriz,'String');
A = str2num(valor);
w1=[p.AssetMean,sqrt(diag(p.AssetCovar))];
riesgo=A'*w1(:,2);
retorno= A'*w1(:,1);
```

```
%[riesgo,retorno]=p.estimatePortMoments(A);
rr=[riesgo,retorno];
set(handles.uitable3,'data',rr);

p = p.setInitPort(1/p.NumAssets);
[ersk, eret] = p.estimatePortMoments(p.InitPort);

p = p.setDefaultConstraints;
pwgt = p.estimateFrontier(10);
[prsk, pret] = p.estimatePortMoments(pwgt);
hold on
plot(prsk, pret,'o');

part1_intro_plot('Frontera Eficiente', ...
{'line', prsk, pret}, ...
    {'scatter',riesgo,retorno,{sprintf('Punto Ubicado')}}, ...
{'scatter',sqrt(diag(p.AssetCovar)), p.AssetMean, p.AssetList, '.r'});

function edit_retorno_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit_retorno (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit_retorno as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit_retorno
%  as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit_retorno_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit_retorno (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit_riesgo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit_riesgo (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit_riesgo as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit_riesgo
%  as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit_riesgo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit_riesgo (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --------------------------------------------------------------------
function uitable2_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to uitable2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

% Hint: place code in OpeningFcn to populate escudo

% --- Executes on button press in pushbutton_limpiar.
function pushbutton_limpiar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_limpiar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

selection = questdlg(['¿Desea limpiar el programa ' ...
get(handles.figure1,'Name') '?'],...
                     ['LIMPIAR ' get(handles.figure1,'Name') '...'],...
                     'Si','No','Si');
if strcmp(selection,'Si')
    cla reset; %elimina gráfico en axes
    set(handles.uitable2,'data',''); %elimina los datos de la tabla
    set(handles.uitable3,'data','');%elimina los datos de la tabla
    set(handles.uitable4,'data','');%elimina los datos de la tabla
    set(handles.edit_matriz,'String','')
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function pushbutton_limpiar_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton_limpiar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

Bibliografía

[1] Montero, C. (2016). Modelos prácticos de Administración de Riesgos. México, D.F.: Ediciones Fiscales ISEF.

[2] Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. The Journal of Finance, 7(1), 77-91.

[3] Alarcón, H. (2015). Markowitz para N activos en Colombia. Colombia.

[4] Vásquez, L., Dextre, K., Mejia, D. & Calapuja, A. (2017). Elección de portafolios óptimos de activos con y sin riegos. Revista PESQUIMAT Vol. 20, No.2, pp. 21-36, Lima – Perú.

[5] De Saegar, A. (2016). El CAPM: Las claves del modelo de valoración de activos financieros. 50Minutos.es.

[6] Población, F., & Serna, G. (2015). Finanzas cuantitativas básicas. Madrid: Paraninfo.

[7] Van, J., & Wachowicz, J. (2010). Fundamentos de Administración Financiera. México: PEARSON.

[8] Puig, X. (2008). Matemática Financiera y Estadística Básica: Cálculos financieros y conocimientos estadísticos básicos. Barcelona: BRESCA (PROFIT EDITORIAL).

[9] Fernández, M. (2006). El modelo CAPM: Predictividad del coeficiente beta en países con economías emergentes caso Argentina. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudio de Posgrado.

[10] Ayala, G. (2016). Finanzas bursátiles. México: IMCP: Instituto Mexicano de Contadores.

[11] Cordiglia, P., Ferrúa, J., & Freitas, F. (2011). ALICORP S.A.A. Reporte Financieros CENTRUM Bunkenroad Latinoaméria (Perú), 25.

[12] Tornero, D. (2017). Análisis del modelo de Markowitz y aplicación en el Ibex 35. Alicante.

[13] Ospina, V., & Tangarife, V. (2008). Medición del VaR en los Portafolios de Acciones - Mercado Colombiano. Pereira.

[14] Olvera, E., & Zenteno, J. (2013). Un comparativo entre las Metodologías de Optimización de Portafolios de Inversión entre el Modelo de Markowitz y el Método de Simulación Monte Carlo con Acciones pertenecientes al IPC: 2007 – 2012. Toluca.

[15] Global, S. (2017). S&P/BVL Peru Indices.